

И.В. Савич, Т.А. Макаревич, А.П. Остапеня

СТРУКТУРА МЕТАФИТОНА И ЕЕ ДИНАМИКА (НА ПРИМЕРЕ Р. НЕМАН)

В разные периоды вегетационного сезона в водоемах и водотоках наблюдается дрейф (снос по течению) метафитона. Метафитон является временной формой существования прикрепленных и планктонных сообществ [1]. Основными структурообразующими компонентами метафитона являются водоросли, бактерии, детрит, а также беспозвоночные и водные гифомицеты [2]. Существует два механизма формирования метафитона: 1) агрегация планктона в результате волновой деятельности, с участием механизмов пенообразования; 2) отрыв от субстрата и поднятие на поверхность эпибентоса за счет подъемной силы пузырей кислорода, выделяющегося в процессе фотосинтеза [3]. Это явление – результат естественного функционирования водных экосистем.

Обычно дрейф метафитона непродолжителен, наблюдается в небольших количествах. Но в последние годы это явление в некоторых водотоках Беларуси приобрело массовый характер, что вызвало серьезные экологические последствия: ухудшение качества воды, пространственный перенос загрязняющих веществ в водных экосистемах, снижение рекреационного потенциала. Несмотря на масштабность и экологическую значимость, формирование и дрейф метафитона до настоящего времени изучены чрезвычайно слабо.

В данной работе представлены результаты изучения структуры метафитона реки Неман.

Материал и методика. Сбор метафитона проводили при комплексных обследованиях белорусского участка р. Неман и ее основных притоков (реки Березина, Гавья, Дитва, Лебеда, Зельвянка, Щара, Котра, Вилия). В 2003 г. был осуществлен один экспедиционный выезд по р. Неман в период с 19 по 23 августа. Исследования велись на 9 контрольных створах. Метафитон обнаружен на четырех створах. В 2004 г. совершено шесть экспедиционных выездов в течение вегетационного сезона: 1 – 3 мая; 16 мая; 15 – 17 июня; 27 июня; 30 июля – 2 августа; 11 – 12 октября. Обследовано семь створов на р. Неман, три створа на притоке Щара, по два створа на притоках Вилия и Зельвянка, по одному створу на притоках Березина, Гавья, Дитва, Лебеда, Котра. Метафитон обнаружен на 14 створах. Для сбора метафитона использовали специально сконструированный пробоотборник.

Пробы метафитона фиксировали 4-% раствором формалина. Камеральную обработку проб проводили по общепринятым гидробиологиче-

ским методам. Видовой состав водорослей изучали на временных и постоянных препаратах. Постоянные препараты использовали для установления видовой принадлежности диатомовых водорослей, готовили по общепринятой методике [4]; органическое вещество клеток удаляли обработкой сильными окислителями, в качестве твердой среды применяли канадский бальзам. Учет водорослей для оценки количественного соотношения водорослей различных отделов проводили на временных препаратах. Просматривали от 15 до 20 полей зрения, расположенных по трансекте препарата, и учитывали все попавшие в поле зрения организмы. По возможности, определяли их видовую принадлежность. Данные всех полей зрения суммировали. На основе полученных результатов вычисляли долю различных отделов водорослей в составе метафитона и определяли доминирующий комплекс видов. К доминантам относили виды, составляющие 10 % и более в общей численности организмов, к субдоминантам – виды, составляющие от 5 до 9,9 %.

Результаты и их обсуждение. Динамика структуры метафитона изучалась по двум направлениям – во времени (вегетационный сезон) и в пространстве (различные участки р. Неман, притоки).

Прослежено изменение макроструктуры метафитона, прежде всего внешний вид метафитонной массы, в течение вегетационного сезона. В начале сезона (первые числа мая) метафитон, в основном был представлен хорошо оформленными матами. Только на последнем из наблюдаемых створов – г. Гродно, район спасательной станции – метафитон имел вид густой пенообразной массы. В середине вегетационного сезона (конец июля – начало августа), наоборот, преобладал пенообразный метафитон.

Прослеживается изменение макроструктуры метафитона и в пространстве. Наблюдается следующая тенденция: в верхних участках р. Неман преобладает метафитон в виде плотных оформленных матов зелено-бурого цвета, внутри которых находятся крупные газовые пузыри. Вниз по течению постепенно начинает преобладать метафитон в виде пенообразной массы от зелено-бурого до желто-бурого цвета. В мелководных притоках, при невысокой скорости течения, часто наблюдаются всплывшие на поверхность маты эпибентосного происхождения. В зонах повышенной турбулентности (пороги, изгибы русла, приплотинные участки и др.) наблюдается активное пенообразование. Примером может служить р. Зельвянка, где одновременно наблюдались разные механизмы формирования метафитона. Так, на одном из створов в прибрежной части дно было покрыто плотным эпибентосным матом, фрагменты которого постоянно отрывались, всплывали на поверхность и уносились течением. На этом створе русло реки делает резкий изгиб, и как раз в месте изгиба по центру русла расположен маленький островок. В результате в этом месте создается зона повышенной турбулентности, следствием чего является активное пенообразование и скопление густой пенообразной массы. Пенообразование

наблюдали также в р. Зельвянка на створе ниже Зельвянского водохранилища в непосредственной близости от плотины. У самой плотины в большом количестве образуется пена характерного белого цвета (похожа на мыльную пену). Хлопья этой пены, продвигаясь вниз по течению, укрупняются и на глазах приобретают зеленовато-бурый цвет, что является следствием сорбции на пузырьках воздуха взвешенного вещества. По сути дела, это и есть процесс превращения пены в пенообразный метафитон. Высокая скорость процесса была обусловлена значительной концентрацией взвешенного ($28,7 \pm 1,0$ мг сухой массы/л) и растворенного вещества, формирующегося в Зельвянском водохранилище.

Микроскопический анализ метафитона показал, что на всех створах основу его составляли водоросли, бактерии и детрит (мертвое органическое вещество), в состав метафитона входили также беспозвоночные и грибы (водные гифомицеты). Таким образом, можно заключить, что макроструктура оставалась постоянной.

В изменении микроструктуры во времени и пространстве выявлены определенные тенденции. Динамику микроструктуры метафитона проследили на примере водорослевых сообществ как основного слагающего элемента и поэтому наиболее показательного. Результаты исследования приведены в таблицах 1 – 4.

Таблица 1 – Частота встречаемости (% от общей численности) водорослей различных отделов в метафитоне р. Неман, 2003 г.

Номер створа, название	Дата отбора проб	Доля в общей численности, %							
		синезеленые	золотистые	диатомовые		желто-зеленые	эвгленовые	зеленые	
				центрические	пеннатные			вольвоксовые	протококковые
р. Неман									
2 - д. Щорсы	19.08.03	8,3	–	3,9	82,6	–	–	–	5,2
7.1 - г. Мосты (спасательная станция)	21.08.03	0,3	0,3	66,6	11,1	0,3	–	0,8	20,7
8 - г. Гродно	22.08.03	0,1	0,4	77,8	8,6	–	0,3	2,0	10,7
9 - д. Привалка	22.08.03	3,4	–	21,2	10,2	1,7	–	–	63,6

Установлена общая тенденция изменения структуры водорослевых сообществ метафитона в пространстве: в верховье реки преобладали донные и перифитонные виды, вниз по течению возрастала значимость истинно планктонных видов. Основу водорослевых сообществ метафитона на верхних створах составляли диатомовые водоросли, которые, в основном, характерны для бентосных сообществ. На их долю приходилось более 80 % общей численности. Вниз по течению реки возрастала значимость других отделов водорослей, главным образом, представителей отдела зеленых водорослей, многие из которых являются обитателями планктона.

Таблица 2. – Состав доминирующего комплекса видов водорослей метафитона (по численности организмов) в р. Неман в 2003 г.

Номер створа, название	Дата отбора проб	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-субдоминанты по численности организмов	%
р. Неман					
2 – д. Щорсы	19.08.03	<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm. var. <i>acicularis</i>	35,0	<i>Navicula Bory sp. 2</i>	8,5
				<i>Oscillatoria Vauch sp.</i>	8,1
				<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz. var. <i>ovalis</i>	6,4
7.1 – г. Мосты (спасательная станция)	21.08.03	<i>Cyclotella</i> (Kütz.) Bréb. sp.	66,3	<i>Ankistrodesmus minutissimus</i> Korschik.	6,2
8 – г. Гродно	22.08.03	<i>Cyclotella sp.</i>	69,5	–	
9 – д. Привалка	22.08.03	<i>Ankistrodesmus angustus</i> (Bernard.) Korschik.	11,9	<i>Cyclotella sp.</i>	9,2
				<i>Ankistrodesmus minutissimus</i>	9,2
				<i>Scenedesmus</i> (Turp.) Bréb. <i>quadricauda</i> var. <i>quadricauda</i>	9,2
				<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hust.	6,4
				<i>Didymocystis Korschik. sp.</i>	5,5

Таблица 3 – Состав доминирующего комплекса видов водорослей метафитона (по численности организмов) в р. Неман и ее притоках, 2004 г.

Река, номер створа, название	Месяц	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-субдоминанты по численности организмов	%
1	2	3	4	5	6
р. Неман					
2 – Березовка	октябрь	<i>Navicula Bory sp.1</i>	24,2	–	
		<i>Navicula viridula</i> Kütz. var. <i>viridula</i>	18,8		
		<i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Ehr. var. <i>lanceolata</i>	16,1		
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	12,7		
3 – Белица	октябрь	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	17,9	<i>Navicula lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	7,3
		<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	16,9		
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	15,1		
		<i>Navicula sp. 2</i>	11,0		
4 - Орля	май	<i>Stephanodiscus invisitatus</i> Hohn. et Hollerb. var. <i>invisitatus</i>	23,0	–	

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	22,3		
		<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	19,0		
5 - Левые Мосты	май	<i>Synedra acus</i> Kütz. var. <i>acus</i>	41,2	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr. var. <i>ulna</i>	7,2
				<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	6,7
				<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	6,2
				<i>Stephanodiscus invisitatus</i> var. <i>invisitatus</i>	5,6
	июль	<i>Cyclotella sp.</i>	40,8	<i>Ankistrodesmus angustus</i>	7,3
				<i>Ankistrodesmus minutissimus</i>	6,8
<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>				6,3	
6 - Лунно	август	<i>Cyclotella sp.</i>	43,3	<i>Ankistrodesmus angustus</i>	7,7
		<i>Ankistrodesmus minutissimus</i>	13,9	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	6,5
	октябрь	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	30,5	<i>Synedra</i> Ehr. sp.	6,4
		<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	26,6		
7 - Гродно	май	<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	26,7	<i>Synedra acus</i> var. <i>acus</i>	5,6
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	21,2		
		<i>Stephanodiscus invisitatus</i> var. <i>invisitatus</i>	11,2		
	август	<i>Cyclotella sp.</i>	64,6	–	
	октябрь	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	22,3	<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	6,2
		<i>Stephanodiscus invisitatus</i> var. <i>invisitatus</i>	15,2	<i>Cyclotella sp.</i>	5,3
Спасательная станция в г. Мосты (1)	июнь	<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	32,7	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>hantzschii</i> Håkansson et Stoermer	6,9
		<i>Synedra sp.</i>	10,3	<i>Cyclotella sp.</i>	6,9
				<i>Cocconeis</i> Ehr. sp.	5,2
				<i>Chlamydomonas</i> Ehr. sp.	5,2
Спасательная станция в г. Мосты (2)	июнь	<i>Cyclotella sp.</i>	37,9	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	7,6
р. Котра					
Створ 17	май	<i>Stephanodiscus invisitatus</i> var. <i>invisitatus</i>	26,4	<i>Synedra acus</i> var. <i>acus</i>	8,2
		<i>Cyclotella sp.</i>	15,5		

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	12,7		
р. Березина					
8 – Пацевичи	май	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	28,8	–	
		<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz. var. <i>minutissima</i>	11,1		
		<i>Synedra</i> sp.	11,1		
р. Гавья					
9 - Залейки	май	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	17,5	<i>Synedra ulna</i> var. <i>ulna</i>	5,8
				<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	5,2
	июнь	<i>Cocconeis</i> sp.	27,0	–	
		<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>	12,9		
	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	11,3			
р. Зельвянка					
12 - ниже водохранилища	июль	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs f. <i>flos-aquae</i>	23,5	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen f. <i>granulata</i>	8,2
		<i>Cryptomonas</i> Ehr. sp.	12,2	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>hantzschii</i>	7,1
				<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	5,1
13 - Пески	май	<i>Synedra acus</i> var. <i>acus</i>	60,7	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	7,8
				<i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>hantzschii</i>	7,0
	июль	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> f. <i>flos-aquae</i>	24,7	<i>Cocconeis</i> sp.	7,0
				<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	7,0
р. Щара					
15 - Слоним	июль	<i>Synedra acus</i> var. <i>acus</i>	12,7	<i>Cocconeis</i> sp.	9,6
		<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>	11,7	<i>Synedra</i> sp.	8,5
		<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i>	10,6	<i>Navicula capitata</i> Ehr. var. <i>capitata</i>	5,3

Сезонная динамика структуры водорослевых сообществ метафитона соответствует общим закономерностям, характерным для динамики альгофлоры в пресных водах средних широт. В начале (май-июнь) и в конце (октябрь) вегетационного сезона для метафитона характерно подавляющее доминирование диатомовых водорослей. Весной диатомовые составили от 76 до 94 % общей численности водорослей, осенью – от 80 до 99 % (см. табл. 4). В середине вегетационного сезона возростала значимость других отделов водорослей, прежде всего, синезеленых и зеленых, хотя диатомовые водоросли на большинстве створов по-прежнему доминировали.

Таблица 4 – Частота встречаемости (% от общей численности) водорослей различных отделов в метафитоне р. Неман и ее притоках, 2004 г.

Река, номер створа, название	Май						Июнь						Июль-август						Октябрь					
	Синезеленые	Диатомовые		Золотистые	Зеленые	Прочие	Синезеленые	Диатомовые		Золотистые	Зеленые	Прочие	Синезеленые	Диатомовые		Золотистые	Зеленые	Прочие	Синезеленые	Диатомовые		Золотистые	Зеленые	Прочие
		Центрические	Пеннатные					Центрические	Пеннатные					Центрические	Пеннатные					Центрические	Пеннатные			
р. Неман																								
2 - Березовка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0,6	98,0	0	1,4	0
3 - Белица	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,8	94,0	0	3,2	0
4 - Орля	0	19,8	66,1	2,5	11,5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - Л. Мосты	0	13,4	79,9	0	4,6	2	-	-	-	-	-	-	0,5	44,7	20,8	0,5	33,5	0	-	-	-	-	-	-
6 - Лунно	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	46,7	19,5	0	30,6	2,8	1,3	1,3	90,3	1,3	5,1	0,6
7 - Гродно	0	53,5	22,5	4,2	19,7	0	-	-	-	-	-	-	1,3	68,1	16,8	0,4	10,8	2,5	0,9	23,2	57,1	5,4	11,6	1,8
Спас. станция в г. Мосты (1)	-	-	-	-	-	-	0	48,3	32,7	3,4	15,5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Спас. станция в г. Мосты (2)	-	-	-	-	-	-	1,3	39,2	26,6	1,3	31,6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 - р. Котра	0	47,3	34,5	0,9	16,4	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Березина																								
8 - Пацевичи	0	4,4	80,0	4,4	11,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Гавья																								
9 - Залейки	0,6	12,3	81,2	2,6	1,9	1,3	0	1,6	88,7	1,6	8,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Зельвянка																								
12 - ниже в-ща	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,6	22,4	12,3	0	24,5	13,2	-	-	-	-	-	-
13 - Пески	1,3	16,6	77,6	0	3,2	1,3	-	-	-	-	-	-	24,7	9,4	41,2	4,7	18,8	1,2	-	-	-	-	-	-
р. Щара																								
15 - Слоним	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,6	4,3	77,6	0	7,4	0	-	-	-	-	-	-

Кроме того, наблюдались заметные изменения в пространстве и во времени в составе доминирующего отдела – *Bacillariophyta* (см. табл. 2, 3). В верхних участках реки в метафитоне преобладали пеннатные диатомеи (доминирующий комплекс определялся представителями родов *Navicula* и *Nitzschia*). На нижних створах доминирование переходило к центрическим диатомеям, в основном за счет видов рода *Cyclotella*.

Следует отметить также временные изменения в составе диатомовых водорослей. В середине вегетационного сезона (июль-август) доля центрических водорослей была значительно выше по сравнению с их количеством весной и осенью. И напротив, процент пеннатных диатомей летом существенно ниже, чем в начале и конце вегетационного сезона (см. табл. 4).

Заключение. В основе формирования метафитона лежат два механизма – отрыв от дна эпибентосных водорослево-бактериальных матов и подъем на поверхность реки и агрегирование планктона. В зависимости от условий внешней среды механизмы могут действовать как независимо, так и сопряженно.

Установлена тенденция изменения структуры водорослевых сообществ метафитона в пространстве и времени: 1) в верховье реки в метафитоне преобладают донные и перифитонные виды, вниз по течению возрастает значимость истинно планктонных видов; 2) в начале и в конце вегетационного сезона для метафитона характерно подавляющее доминирование диатомовых водорослей, в середине вегетационного сезона возрастает значимость других отделов водорослей.

Эти выводы согласуются с теорией речного континуума, согласно которой функционирование экосистемы в верхних участках реки в большей степени определяется донными сообществами, а вниз по течению возрастает роль планктона. Известно, что в течение вегетационного сезона изменяется значимость донных и планктонных процессов в экологическом метаболизме рек: весной и поздней осенью велика роль бентали и рипали, а летом – основную функциональную нагрузку выполняет толща воды.

Список литературы:

- 1 Wetzel, R.G. Limnology / R.G. Wetzel. – 2nd edition. – Philadelphia: Saunders College Publishing, 1983. – 858 p.
- 2 Остапеня А.П. Дрифт метафитона в реке Неман: состав и возможные источники формирования / А.П. Остапеня, Т.А. Макаревич, И.В. Савич, Р.А. Деренговская, Л.В. Никитина // Актуальные проблемы экологии: материалы I Междунар. науч. конф., Гродно, 6–8 окт. 2005 г.: в 2 ч. / Гр. гос. ун-т им. Я. Купалы; редкол.: Н.П. Канунникова [и др.]. – Гродно, 2005. – Ч. 2. – С. 122 – 125.
- 3 Остапеня А. П. Механизмы формирования метафитона в реках / А.П. Остапеня, Т.А. Макаревич // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Сб. материалов IV (XXVII) Междунар. конф., Вологда, 5–10 декабря 2005 г.: в 2 ч. / Во-

лог. гос. пед. ун-т, Науч. центр эволюц. экологии, Волог. лаборатория ФГНУ ГосНИОРХ, Волог. отдел. ГБО РАН, НП Науч. центр эколог. исследований. – Вологда, 2005. – Ч. 2. – С. 48 – 50.

- 4 Жузе А. П. Методика исследования / А.П. Жузе, А.И. Прокшина-Лавренко, В.С. Шешукова-Порецкая // Диатомовые водоросли СССР: ископаемые и современные / З.И. Глезер [и др.]; под ред. З.И. Глезер [и др.]. – Л., Наука, 1974. – Т. 1. – С. 50–79.

Summary

I.V. Savich, T.A. Makarevich, A.P. Ostapenya.

Metaphyton structure and its dynamics (on the example of the Neman river).

The paper discusses the results of the investigation of metaphytic community macro- and microstructure and its spatial and temporal dynamics. The changes in macrostructure of metaphyton: in the beginning of the vegetation season metaphyton constitutes of dense clear-cut bottom-originated mats, in the middle of the vegetation season dominates foam-like plankton-originated metaphyton. The changes in microstructure: bottom and periphyton algae dominance in the headstream replaces by plankton species dominance in the metaphyton when moving downstream. In the beginning and in the end of the vegetation season diatoms were the dominating algae in the metaphytic mat, in the middle of the vegetation season the role of other algae taxa increases.